

Abandono de tierras y cubiertas vegetales orientadas a la producción de pastos en zonas áridas y semiáridas de la cuenca media del Ebro

Land abandonment and forage yield in arid and semi-arid areas of the Ebro middle basin

I. DELGADO ENGUITA

Unidad de Tecnología en la Producción Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).
Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza (España).
idelgado@aragon.es

Resumen: La crisis social y económica de la agricultura tradicional está dando lugar al abandono de las tierras cerealistas marginales y fácilmente erosionables, con el riesgo de desertificación del suelo. Ello está propiciando un descenso de la ganadería extensiva, basada en el sistema cereal-ovino. La implantación de cubiertas vegetales, utilizando especies forrajeras, pretende proteger el suelo de la erosión, a la vez que contribuir a proporcionar un pasto barato para el ganado. En este trabajo se indican aquellas especies que mejores resultados han presentado en la cuenca media del Ebro: alfalfa, esparceta, cereales forrajeros, *Lolium rigidum*, medicagos anuales, vezas, guisantes y *Atriplex halimus*, las cuales, sembradas constituyendo alternativas de cultivos, pueden establecer una cubierta vegetal permanente.

Palabras clave: Cubierta vegetal, desertificación, secano, ganadería extensiva.

Abstract: The lost of profit of cultivated cereals in arid and semi-arid areas is increasing the abandonment of less productive arable lands at risk of soil desertification. This fact and the change to direct drilling techniques cause a decrease of the low-input livestock kept in the extensive cereal-sheep farming systems. The establishment of forage plant covers attempts to control soil erosion and improve forage biomass for livestock production. This work shows the forage species selected in trials carried out in the Ebro middle basin: Lucerne, sainfoin, forage cereals, *Lolium rigidum*, annual medics, vetches, peas and *Atriplex halimus*. Those species seeded in culture rotation could maintain a perennial plant cover.

Key words: Plant covers, desertification, dry-land, low-input livestock.

INTRODUCCIÓN

En la Convención de Naciones Unidas para Combatir la Desertificación, que tuvo lugar en Madrid (España) entre el 10 y el 12 de septiembre de 2007 (www.unccd.int), se describió el cambio climático como el cambio a largo plazo de los patrones meteorológicos respecto a un historial climático, y la desertificación, como la pérdida de productividad y complejidad biológica y económica de las tierras agrícolas, los pastizales y los bosques, localizados en tierras secas, debido principalmente a la variabilidad climática y a las acciones no sostenibles del hombre.

En esta Convención se mostraron las interrelaciones entre el cambio climático y la desertificación. El cambio climático puede acentuar los efectos de la desertificación y a su vez ésta puede influir también en la aceleración del cambio climático. Los países con zonas áridas y semiáridas son particularmente sensibles a los efectos del cambio climático. En los localizados en el Mediterráneo Norte, la desertificación suele estar vinculada, además, a unas prácticas agrícolas deficientes como la roturación y el pastoreo excesivo.

Esta situación se agrava en España, en la actualidad, con la crisis social y económica de la agricultura tradicional que está dando lugar al abandono de las tierras marginales y fácilmente erosionables. La tabla 1 refleja la disminución progresiva de la ocupación de tierras de cultivo en España entre 1979 y 2009. La superficie destinada a cultivos herbáceos ha disminuido el 19%, la ocupación de barbechos el 35% y la de cultivos leñosos el 19%. El cultivo más representativo de los secanos áridos y semiáridos, la cebada, lo ha hecho en un 22%. Una de las superficies que menos ha descendido en secano es la destinada a forrajes, siendo del 6% en el periodo estudiado (MARM, 1979-2010).

Si nos remitimos a la cuenca media del Ebro (La Rioja, Navarra, Aragón y Lleida), la cual representó el 15,7% de las tierras de cultivo de España en 2009, la reducción de la superficie cultivada fue menor que en el resto de España; así, la superficie destinada a cultivos herbáceos disminuyó el 12%, la ocupación de barbechos el 9% y la de cultivos leñosos, el 12%. Sin embargo, la reducción del cultivo más representativo de los secanos áridos y semiáridos, la cebada, fue algo mayor, el 23%. Una de las superficies que menos descendió en secano fue la destinada a forrajes, siendo el 4% en el periodo estudiado (MARM, 1979-2010).

Tabla 1. Superficies ocupadas por diferentes cultivos en secano, en España, durante 1979-2009.

Cultivo	España				Cuenca media del Ebro			
	Año (x1000 ha)							
	1979	1989	1999	2009	1979	1989	1999	2009
A. Herbáceos	8363,7	8924,6	7931,4	6756,0	1209,1	1189,7	1140,0	1065,7
1. Cereales	6387,5	6902,0	5666,2	4953,5	1082,7	1103,1	981,9	943,7
1.1 Cebada	3218,6	3997,9	2848,4	2658,0	724,1	878,4	549,1	555,6
2. Forrajes	766,6	828,9	914,6	719,8	88,1	69,2	70,5	84,5
2.1 Cereales forrajeros	181,5	196,7	330	180,0	1,3	1,1	15,1	3,1
2.2 Praderas	144,8	167,7	257,6	254,4	13,2	11,7	9,5	7,0
2.3 Alfalfa	87,6	72,3	65,7	87,0	14,2	13,8	12,7	28,1
2.4 Esparceta	54,5	36,5	16,4	14,5	35,1	25,1	10,7	6,7
2.5 Veza	87,7	87,3	69,4	55,7	9,8	9,6	6,1	5,4
2.6 Maíz	66,7	80,1	65,3	80,6	1,0	0,7	2,0	1,3
2.7 Raigrás italiano	41,8	41,8	34,0	18,6	0	0	0	0,7
3. Leguminosas-grano	475,1	280,9	477,0	276,8	16,1	5,7	43,9	11,8
3.1 Veza	39,2	41,4	193,2	44,0	5,2	2,4	29,6	2,8
3.2 Guisante	4,2	6,0	29,1	150,4	0,4	1,4	6,7	7,9
4. Industriales	680,9	923,1	856,2	807,0	13,0	16,5	36,2	21,6
4.1 Girasol	595,8	851,6	661,5	765,7	5,1	6,1	20,4	18,4
B. Barbechos y otros	5018,8	4132,0	3113,0	3274,1	692,6	709,2	562,0	628,0
C. Leñosos	4351,1	4098,2	3896,8	3509,0	350,4	314,9	301,2	259,0
1. Olivar	1871,4	1808,7	2079,2	1914,0	96,9	87,9	84,6	78,2
2. Viñedo	1604,5	1381,0	1065,2	831,2	167,1	125,0	93,5	81,9
3. Frutos secos	543,9	588,8	620,0	533,0	83,4	96,5	114,0	96,1
3.1 Almendro	520,6	568,8	608,0	520,9	83,2	96,2	84,6	96,0

El cultivo de los cereales es uno de los más extendidos en secano. Su pérdida de rentabilidad es una de las causas que está propiciando el abandono de tierras de cultivo, como muestran diversos estudios. Tomando como referencia la cebada, el estudio del MARM (2001-2010) llevado a cabo para calcular el umbral de rentabilidad medio del cultivo en Aragón sobre la base de 38 explotaciones cerealistas representativas de la Comunidad Autónoma, muestra que el rendimiento de cosecha necesario para igualar los costes completos de producción (directos e indirectos) es de 3232 kg ha⁻¹, mientras que la producción media en secano en esta comunidad fue de 2675 kg ha⁻¹. El margen neto (sin considerar mano de obra familiar e intereses de capitales propios) fue de 112,42 € ha⁻¹ en dicho periodo, aunque se diferencian dos tramos, el comprendido entre 2001 y 2004 que fue de 223,33 € ha⁻¹ y el comprendido entre 2005-2010 que decreció notablemente a 38,64 € ha⁻¹.

Los márgenes netos de un cultivo como la cebada varían, no solo en función de la cuantía de las lluvias, sino de la superficie cultivada y del régimen de tenencia de las tierras. Un estudio realizado por Cantero-Martínez (comunicación personal) en los diferentes secanos de Lleida, muestra que en secanos frescos (500-600 mm de lluvia anual) el margen neto es positivo a partir de 50 ha cultivadas, siempre que sean en régimen de propiedad, mientras que se eleva a 300 ha en caso de arrendamiento; en secanos semiáridos (400-500 mm), se requieren al menos 100 ha de cultivo en régimen de propiedad para que el margen neto sea positivo; y en secanos áridos (300-400 mm), se precisan al menos 300 ha de tierra cultivada, siempre en régimen de propiedad. Los márgenes netos pueden elevarse practicando la siembra directa. Un resumen de los resultados obtenidos en la cuenca media del Ebro por Arnal (2006), muestran que el margen neto fue 21,5% superior cuando se realizó dicha práctica.

El sistema cereal-ovino, basado fundamentalmente en el aprovechamiento de rastrojos y barbechos, y en la complementariedad del pastoreo de los montes (Correal y Sotomayor, 1998; Caballero, 2001), ha sido el modelo tradicional de la alimentación de la ganadería ovina extensiva, como así lo pusieron de manifiesto Ferrer y Broca (1999) estudiando este sistema; dichos autores mostraron la correlación positiva existente entre la carga de rumiantes y la proporción de superficie ocupada por el cultivo de cereales en las provincias mediterráneas peninsulares. El abandono de las tierras cerealistas o el cambio de las técnicas de cultivo (siembra directa, laboreo de conservación), pueden afectar a la ganadería ovina asociada a dicho sistema.

Actualmente, la alimentación constituye uno de los mayores costes de las explotaciones ovinas, como pone en evidencia el trabajo llevado a cabo por Pardos (Comunicación personal) en 56 explotaciones de OVIARAGÓN, a lo largo de 5 años (2005-2009). En él se puede apreciar que los costes totales por oveja supusieron en dicho periodo, 108,25 € de media, correspondiendo a la alimentación 56,04 € (51,8%); de ésta, el 35,9% fueron alimentos comprados para ovejas, el 27,4% alimentos comprados para corderos y solo el 36,7%, pastos propios y arrendados. El pastoreo directo es hasta tres veces más económico que la alimentación sobre la base de alimentos conservados o concentrados (Semple, 1974). Por ello, cualquier medida que se adoptase, tendente

a reducir los gastos de alimentación, como el incremento en la producción de pastos, puede contribuir a frenar el descenso del censo de la ganadería ovina (15,8% en el periodo 1999-2009; MARM, 1999-2010), mermado por la pérdida de rentabilidad, y a evitar el “desierto verde” pronosticado por Ferrer y Broca (1999).

La búsqueda de soluciones para evitar el abandono de tierras es variada. Unas tienden a mejorar la rentabilidad de los cereales mediante la siembra directa o la concentración de explotaciones para reducir los costes de las labores agrícolas y otras buscan nuevos cultivos (energéticos, aromáticos, etc.). Finalmente, pueden proponerse medidas medioambientales, como promover el establecimiento de cubiertas vegetales que mantengan la fertilidad de los suelos.

En la línea de trabajo que nos ocupa, la mejora de la producción de pastos, pueden aportarse soluciones que contribuyan a frenar el abandono y a restaurar la fertilidad de los suelos, a la vez que se obtiene una fuente de alimentación más económica para la ganadería extensiva y se contribuye al mantenimiento de la biodiversidad. El establecimiento de cubiertas vegetales mediante la siembra de pastos, está en sintonía con las tres normas que caracterizan a la agricultura de conservación, perturbación mínima del suelo de forma continuada, cobertura permanente de la superficie del suelo con materiales orgánicos y rotación diversificada de cultivos en el caso de cultivos anuales o una asociación de plantas en cultivos perennes (FAO, 2011). El traslado de la ganadería extensiva de un sistema cereal-ovino a uno agrícola basado en el cultivo de pastos (Ferrer y Broca, 1999), posibilitaría su permanencia, amenazada por la falta de rentabilidad.

CUBIERTAS VEGETALES

Por cubierta vegetal se entiende, en general, el conjunto plantas establecidas en un determinado territorio geográfico. Su composición está definida por el clima, el relieve, las características edáficas y la acción del hombre que elimina, degrada, introduce nuevas especies o modifica su distribución.

En agricultura se entiende por cubiertas vegetales aquellas que se establecen para proteger el suelo desnudo en los cultivos leñosos o en alternativas de herbáceos. Su finalidad es evitar la erosión, facilitar la infiltración del agua de lluvia y mejorar la fertilidad de los suelos mediante la incorporación de materia orgánica y, en el caso de establecimiento de leguminosas, de nitrógeno.

Desde el punto de vista medioambiental, el establecimiento de cubiertas vegetales persigue, también, la formación de paisajes en mosaico y el aumento de diversidad paisajística y de cultivos.

La restauración de la fertilidad del suelo y la conservación del paisaje se ha convertido en un objetivo de alcance mundial. El establecimiento de cubiertas vegetales para proteger el suelo es el objetivo de numerosos equipos de investigación (Zuazo y Pleguezuelo, 2008; Ouvry *et al.*, 2010; de Castro *et al.*, 2011). Su potenciación es una de las medidas recomendadas para mitigar el cambio climático (Kotschi

y Müller-Säman, 2004). El mantenimiento de una diversidad en el paisaje agrario es, asimismo, la clave para la conservación y, en ocasiones, la recuperación de una flora y fauna amenazada por la intensificación de las actividades antrópicas (Wolf *et al.*, 2001; Sirami *et al.*, 2008).

PRODUCCIÓN DE PASTOS

En línea con la finalidad de esta Sociedad, el estudio de los pastos, entendemos por cubierta vegetal el establecimiento de praderas, cultivos forrajeros monófitos y pastos arbustivos, como alternativa al secano cerealista. Es una posibilidad que viene abordando el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) desde 1977, la reconversión de las tierras cerealistas de secano poco productivas en pastos de bajo coste para la ganadería extensiva (Delgado, 2000), la cual recoge las propuestas de Monserrat (1974) y Hycka (1992) de “abandonar sembrando”. Los diversos estudios llevados a cabo a lo largo de 35 años han permitido seleccionar algunas especies que han destacado en las condiciones áridas y semiáridas de la cuenca media del Ebro por su adaptación y productividad.

Praderas

En lo que respecta a la implantación de praderas en terrenos de secano, se han venido efectuando diversos ensayos de comportamiento de especies plurianuales en la cuenca media del Ebro (Monserrat, 1956; Hidalgo, 1973; Orús, 1975; Delgado, 1984; Hycka, 1992; Delgado *et al.*, 2008). En ellos, siempre han destacado dos leguminosas plurianuales, la alfalfa y la esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) por sus cualidades de adaptación al medio, productividad y valor forrajero (tabla 2). Ambas son restauradoras de la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, en simbiosis con las bacterias nitrificantes, y el desarrollo de raíces pivotantes que facilitan la recuperación de nutrientes lixiviados por las lluvias y posibilitan el depósito en profundidad de materia orgánica. Su alto contenido en proteína bruta, minerales y vitaminas las convierten en un excelente pasto para los rumiantes (Andueza *et al.*, 2001; Delgado *et al.*, 2010). Son, por otra parte, melíferas; presentan una floración prolongada durante seis meses y contribuyen con ello al mantenimiento de una amplia fauna de insectos, aves y mamíferos (Brookes *et al.*, 1994; De Jaime, 2011).

La esparceta presentó, no obstante, escasa producción y persistencia en las zonas de menor altitud, donde los veranos son más calidos y prolongados. Ello se atribuye a que, durante episodios de temperaturas altas, la respiración supera a la fotosíntesis, lo que conlleva un estrés metabólico y la disminución de las reservas de la planta, pudiéndole ocasionar la muerte (Kallenbach *et al.*, 1996). Por ello, Buendía-Lázaro y García-Salmerón (1965) recomendaron su cultivo en áreas por encima de 600 m de altitud.

Tabla 2. Producción de materia seca (MS) de alfalfa y esparceta en secano, en Aragón.

Localización	Años	Altitud m	Lluvia mm/año	Alfalfa		Mielga*	Esparceta	
				Cortes año ⁻¹	MS ha ⁻¹	MS ha ⁻¹	Cortes año ⁻¹	MS ha ⁻¹
				nº	Kg	Kg	nº	Kg
Peñaflor (Z) ¹	1967-72	250	464	2	2679**	-	-	-
Peñaflor (Z) ²	1978-83	250	375	2	1053	-	-	-
Marracos (Z) ³	1979-81	450	493	3	6321	-	2	2820
Pancrudo (Te) ³	1979-81	1200	426	3	5714	-	3	4649
Peñaflor (Z) ⁴	1986-87	250	338	2	1361	522	-	-
Marracos (Z) ⁴	1986-87	450	473	3	4483	2707	-	-
San Blas (Te) ⁵	1986-90	900	485	4	4528	2479	-	-
Zuera (Z) ⁶	1993-02	400	399	3	2697	-	-	-

*Alfalfa silvestre, **Estimación a partir de heno, considerando 12% de humedad. ¹Hycka (1974); ²Hycka (1983); ³Delgado (1984); ⁴Delgado (1988); ⁵Delgado (1995); ⁶Delgado *et al.* (2004).

Como gramíneas acompañantes, sobresalieron *Agropyrum intermedium* L. en secanos áridos, y *Dactylis glomerata* L. y *Lolium multiflorum* L. en secanos semiáridos (Hycka, 1974; Orús, 1975; Hycka y Benítez-Sidón, 1979; Delgado, 1984).

El establecimiento de praderas, comprendiendo una mezcla de dichas especies, ha sido recomendada tanto en los secanos áridos (Hycka, 1992) como semiáridos (Delgado, 2000), aunque la siembra de la alfalfa como cultivo forrajero monofito es actualmente la más recomendada por su mayor productividad (Delgado *et al.*, 2004) y homogeneidad en el reparto de la producción a lo largo del periodo de crecimiento, lo que facilita su aprovechamiento directo por el ganado (Delgado, 1995). Constituye una fuente autóctona y barata de proteínas (Fanlo *et al.*, 2006). Su forma silvestre, la mielga (*Medicago sativa* L.), solo produce el 60% de la materia seca de la alfalfa, pero su carácter rizomatoso y tolerancia al pastoreo, la hacen muy adecuada para el establecimiento de cubiertas vegetales (Delgado, 2007).

Cereales de invierno

Aunque el uso principal de los cereales de invierno es la producción de grano para pienso o consumo humano, los cereales se utilizan frecuentemente como cultivo forrajero debido a que presentan determinadas cualidades, tales como, crecimiento invernal, tolerancia a condiciones adversas, posibilidad de concentrar volúmenes elevados de forraje en un solo aprovechamiento y alto valor nutritivo.

Como tales, han sido el principal cultivo forrajero en secano en España hasta 2002, cuando fueron desplazados al segundo lugar por las praderas de secano. Sin embargo, en la cuenca media del Ebro, el uso forrajero de los cereales de invierno ha tenido

siempre escaso interés; mientras la superficie dedicada a forrajes en secano supuso el 11,7% del total de España, en 2009, solamente fue el 1,7% en la cuenca media del Ebro (MARM, 1979-2010).

En el CITA, se han ensayado diferentes modalidades para su aprovechamiento como forraje, tales como: realizar un despunte invernal en estado vegetativo dejando posteriormente el cultivo para producción de grano (Delgado *et al.*, 1984; Joy y Delgado, 1989); pastoreos sucesivos cada vez que se dispone de una cantidad apreciable de forraje (Joy y Delgado, 1989; Andueza, 2000); segar el forraje para heno o silo cuando la planta se encuentra con el grano en estado lechoso-pastoso (Andueza, comunicación personal); o pastorear la planta entera seca en pie (tallos y espigas) durante el verano y parte del otoño, como una reserva de forraje *in situ* (Delgado *et al.*, 1998; Valiente, 2004; Olmos, 2006).

En el estudio se han utilizado todos los cereales: avena, cebada, centeno, trigo y triticale, estando la elección de cada uno de ellos, en función de su capacidad productiva y adaptación al medio. En el caso de aprovechamiento de las plantas en pie, en verano, se recomiendan aquellas que tengan tendencia a no desgranar, como la cebada y el triticale. No obstante, en el comercio existen diferencias notables entre variedades que conviene evaluar.

Tabla 3. Producción media en Kg de materia seca ha⁻¹ de diferentes cultivos forrajeros en secano, en Aragón.

	Mediana (Z) ¹	Zaragoza ^{2,3}	Farlete (Z) ⁴	Zuera (Z) ^{4,5,8}	Marracos (Hu) ⁶	Montesa (Hu) ⁴	Azlor (Hu) ⁸	Fraga (Hu) ⁸	Pancrudo (Te) ⁷	Albalate (Te) ⁴
Año	1987	1990-3	1995	1995-9	1979	1995	1998-9	1998-9	1979	1995
Lluvia (mm/año)	324	271	312	402	544	453	389	300	344	275
Altitud	250	250	400	400	400	700	-	-	1200	350
Avena	2855	-	2260	2970	-	5910	-	-	3720	1130
Cebada	2486	-	1820	2000	-	5840	-	-	7140	860
Centeno	2056	-	1550	3520	-	5670	-	-	6930	710
Trigo	-	-	-	-	-	-	-	-	6690	-
Triticale	-	-	2280	3300	-	6270	-	-	5020	1870
Veza común	1351	-	-	3960	-	-	7401	353	1520	-
Veza vellosa	1057	-	-	-	-	-	-	-	1120	-
<i>Lolium rigidum</i>	1549	3004	-	1553	-	-	-	-	-	-
Raigrás italiano	-	-	-	2163	3812	-	-	-	4210	-
<i>Medicago rigidula</i>	-	947	-	1988	-	-	-	-	-	-
<i>M. truncatula</i>	575	471	-	626	-	-	-	-	-	-

¹Delgado y Joy (1987), ²Delgado y Andrés (1996), ³Delgado (1992a), ⁴Andueza *et al.* (1997), ⁵Ansón *et al.* (1997), ⁶Delgado (1984), ⁷Delgado y Gómez (1982), ⁸Delgado *et al.* (2000).

Cuando los cereales se aprovechan a diente, la siembra se efectúa tan pronto como lo permitan las primeras lluvias otoñales o, incluso, en seco a la espera de las mismas, con el fin de alcanzar las máximas producciones. La siembra en estas con-

diciones suele ser más económica, ya que puede eludirse la utilización de semillas de primera calidad y de herbicidas, así como recurrir al mínimo laboreo y a la siembra a voleo.

Los cereales pueden asociarse con vezas o guisantes, cuando su destino es el pastoreo en verde, pudiendo efectuarse un despunte a la salida de invierno con las plantas en estado hojoso y un aprovechamiento con las plantas encañadas o iniciando el espigado. Con ello, se pretende aprovechar la diferente composición química de las leguminosas para dar un forraje más equilibrado y aportar nitrógeno al suelo (Mangado y Eguinoa, 2003; Sayés, 2006).

Algunos resultados productivos obtenidos en Aragón, confirman el interés preferente de los cereales en comparación con otras especies forrajeras (tabla 3).

Especies anuales de autorresiembr

Una adaptación muy frecuente en las plantas que crecen en las regiones mediterráneas de clima semiárido, consiste en ajustar su crecimiento al periodo que va de otoño a primavera, coincidiendo con la época de mayores disponibilidades de agua en el suelo. En estas condiciones, una parte importante de la flora forrajera está formada por especies anuales de autorresiembr, las cuales inician su crecimiento en otoño, son capaces de crecer a bajas temperaturas y diseminan la semilla en primavera, la cual no vuelve a germinar hasta que no se dan las condiciones favorables del otoño, mediante la utilización de diferentes mecanismos de letargo.

La producción de forraje que se obtiene en estas condiciones dependerá de la cuantía de las lluvias, pero los costes de la siembra son bastante independientes de aquéllas, por lo que la utilización de especies se autorresiembr es una posibilidad que se tiene para reducir los gastos de siembra al regenerarse el cultivo por sí mismo todos los años.

Atendiendo a las características climatológicas y edafológicas de la cuenca media del Ebro, con heladas frecuentes en invierno y suelos de pH básico, las especies o grupos de especies con capacidad de autorresiembr, que han presentado mayor interés por su productividad y calidad del forraje han sido *Lolium rigidum* y los medicagos anuales.

***Lolium rigidum* Gaud.** (ballico, margallo, luello, lluejo, hierba triguera) es una gramínea anual alógama, considerada una mala hierba, difícil de erradicar de los cultivos de cereales, aunque los ganaderos la consideran una excelente forrajera de los barbechos (Monserrat, 1956). Su aptitud forrajera ha sido puesta de manifiesto en diferentes experimentos de campo realizados en Aragón (Delgado y Joy, 1987; Delgado, 1992; Delgado y Andrés, 1996; Anson *et al.*, 1997). En ellos se evaluó la producción de forraje de las poblaciones espontáneas, recolectando semilla en diferentes puntos de la región y comparándola con los cultivares ‘Wimmera’ y ‘Nurra’, procedentes de Australia y de Cerdeña (Italia) respectivamente. Los estudios llevados a cabo en las proximidades de

Zaragoza, entre 1986 y 1997, mostraron la potencialidad productiva de las poblaciones locales que llegaron a igualar a las foráneas. El resumen de las producciones obtenidas se presenta en la tabla 3.

No obstante, como cultivo de autorresiembr para uso ganadero tiene sus limitaciones. Su principal interés reside en disponer de forraje en invierno, entre mediados de diciembre y mediados de febrero, cuando la escasez del mismo es más acuciante. La obtención de forraje durante este periodo en los ensayos, sólo fue posible en las campañas en las que la época de lluvias comenzó tempranamente en los primeros días de octubre. Cuando las lluvias llegaron tardíamente, a partir de la segunda quincena de noviembre, el primer corte para forraje hubo de retrasarse hasta finales de marzo o primeros de abril. En dicha fecha, la mayoría de las poblaciones y variedades de *L. rigidum* iniciaron el espigado. Es el momento en el cual el aprovechamiento del forraje se realiza en condiciones óptimas de producción y calidad, pero también cuando, a partir de esa fecha, es conveniente dejar de pastar para que la planta reespique y asegurar la resiembra en futuras campañas. De ahí su limitación ganadera. Por ello, Sayés (2006) lo utiliza como un cultivo forrajero más en asociación con vezas, sin considerar su capacidad de autorresiembr. En este caso, el raigrás italiano también puede constituir una posibilidad, como muestran sus resultados productivos en la tabla 3.

Los **medicagos anuales** (carretones, mielguillas) son leguminosas autógamas pertenecientes al género *Medicago*. Aunque son de origen mediterráneo, se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo contabilizándose más de 50 especies. En la cuenca media del Ebro, las especies más frecuentes se reducen a cinco: *M. minima*, *M. rigidula*, *M. truncatula*, *M. polymorpha* y *M. orbicularis* (Prosperi *et al.*, 1989).

Su característica principal es que, presentando similares cualidades que la alfalfa en cuanto a calidad del forraje y fijación del nitrógeno atmosférico a través de las raíces, son anuales que se autorresiembran, dejando en el suelo gran cantidad de semillas duras, que no germinan inmediatamente aunque dispongan de condiciones favorables para ello, sino que lo van haciendo escalonadamente en el curso de los años siguientes, asegurando la permanencia indefinida del cultivo. Esta cualidad para mantenerse el cultivo en el campo indefinidamente les confiere un gran interés para la producción de pastos en secano, por su economía.

Los resultados productivos obtenidos en Zaragoza se presentan en la tabla 3. Destacaron *M. rigidula* y *M. truncatula*. Estas especies presentan, al igual que *L. rigidum*, el inconveniente de que, debido a las bajas temperaturas invernales, su óptimo de producción se alcanza entre finales de abril y primeros de mayo, y el pastoreo en este periodo reduce las posibilidades de producción de semilla. Tienen, además, el inconveniente añadido de su escasa capacidad de competencia con las hierbas adventicias, por las cuales son invadidas (Delgado, 1997). No obstante, debido a que presentan alto valor nutritivo y a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y enriquecer el suelo, pueden ser muy recomendables para introducirlas en cubiertas vegetales como planta acompañante.

Arbustos forrajeros

Las especies herbáceas descritas hasta ahora presentan escasa oferta de forraje durante el periodo invernal, dado que su crecimiento es bajo en dicha época y, además, necesitan desarrollar al máximo su masa foliar para tener un crecimiento vigoroso en primavera. La utilización de arbustos forrajeros puede suplir este vacío de producción dado que son especies perennes, que permanecen verdes todo el año, pudiendo ser ramoneada su biomasa por el ganado ovino en periodos de escasez como el invierno. Se regeneran fácilmente, ya que el animal come sólo las hojas y tallos finos, dejando las partes leñosas del mismo, lo que les protege frente al sobrepastoreo y les permite recuperarse después de su aprovechamiento.

Son especies tolerantes a la sequía, dado que tienen un sistema radicular muy extenso, están adaptadas para reducir la transpiración y ahorrar agua y, muchas de ellas, tienen, además, un metabolismo C₄, muy eficaz para facilitar la fotosíntesis a temperaturas altas. Su mayor dificultad estriba en la tolerancia al frío. Son escasas las especies que toleran las posibles heladas invernales en la cuenca media del Ebro y así lo han puesto de manifiesto los ensayos llevados a cabo en Aragón durante el periodo 1988-90 (tabla 4; Delgado, 1992b). La mayoría pertenecen al género *Atriplex* y de ellas se ha seleccionado *Atriplex halimus* L. por su adaptación y capacidad productiva. Esta especie es endémica en los saladares de la cuenca media y baja del Ebro en altitudes inferiores a 600-700 m, donde se la conoce como “sosa” o “sose-ra”. Florece en verano y la semilla madura en otoño. Toler a heladas de hasta -12°C (Delgado *et al.*, 1996). La variedad que se ha utilizado para los ensayos realizados en Aragón, INRA 70100, fue proporcionada por la Estación de Zonas Áridas de Murcia (España).

Tabla 4. Adaptación de diversos arbustos forrajeros a la cuenca media del Ebro (Delgado, 1992b).

Especie	Zaragoza. 250 m (a.s.n.m.)			Andorra (Teruel). 750 m (a.s.n.m)		
	Sensibilidad a heladas	Altura/diámetro (m)	Época de floración	Sensibilidad a heladas	Altura/diámetro (m)	Época de floración
<i>Atriplex canescens</i>	No	0,7/1,0	Julio-Sept.	No	0,7/1,0	Julio-Agosto
<i>Atriplex halimus</i>	No	1,2/1,2	Julio-Sept.	No	1,3/1,5	Julio-Septiembre
<i>Atriplex nummularia</i>	Sí	-		Parcial	1,1/1,2	Enero-Abril
<i>Atriplex repanda</i>	Sí	-		Parcial	0,5/0,5	Junio-Julio
<i>Atriplex undulata</i>	No	0,6/0,7	Julio-Agosto	No	0,5/0,6	Julio-Agosto
<i>Medicago arborea</i>	Sí	-		No	0,5/0,7	Diciembre-Mayo
<i>Bituminaria bituminosa</i>	Sí	-		Sí	-	Junio-Agosto
<i>Acacia salycina</i>	Sí	-		Sí	-	-
<i>Acacia cianophylla</i>	Sí	-		Sí	-	-

Para el establecimiento de una plantación de *Atriplex* se requiere la obtención previa de los plantones. El aprovechamiento de la plantación de *Atriplex* se iniciará a partir del tercer año del establecimiento. La producción esperada de biomasa ramoneable puede oscilar entre 1 y 5 t de materia seca ha⁻¹, variable en función de las condiciones meteorológicas y edafológicas del lugar.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Este trabajo pretende establecer las bases forrajeras para el cambio de la actividad cerealista a la ganadera, como una alternativa al cultivo de malos secanos cerealistas, que en un futuro pueden quedar abandonados y sometidos a procesos de erosión y desertificación.

Las praderas, cultivos forrajeros y arbustos ramoneables anteriormente descritos, son los que mejor adaptación han mostrado a las condiciones de secano de la cuenca media del Ebro. Todos ellos pueden formar parte de distintas alternativas forrajeras y, mediante un aprovechamiento rotacional a lo largo del año, mantener permanentemente al ganado con una alimentación en base a pastos, en los secanos cerealistas. La contribución de las diferentes especies puede variar, como consecuencia de las fluctuaciones meteorológicas de cada campaña, pero los cultivos propuestos son flexibles en cuanto a su utilización y pueden adaptarse a un nuevo reparto. Se exceptúan las zonas más altas y frías donde, dada la imposibilidad de establecer arbustos forrajeros en ellas, el pastoreo durante el periodo invernal se sustituirá por henos de praderas o de cereales recolectados en primavera.

Se han ensayado diferentes alternativas forrajeras que se mantienen en fincas experimentales del Gobierno de Navarra en Valtierra (Na), Gobierno de Aragón en Zuera (Zaragoza) y Diputación Provincial de Teruel en las proximidades de la capital. En Valtierra se experimenta con la rotación cereal maduro, avena-guisante y *L. rigidumveza* (Sayés, 2006); en Zuera se prefiere la rotación alfalfa, cereal verde y maduro y *A. halimus* (Delgado *et al.*, 2004); y en Teruel, debido a su altitud, solamente, cereal verde y seco y alfalfa (datos no publicados).

Cuando es posible agrupar los diferentes recursos forrajeros, el cercado de las parcelas permite obviar la presencia permanente del pastor, el cual puede disponer del tiempo para otras actividades anejas a la explotación.

El cambio del sistema cereal-ovino al agrícola, basado en el cultivo de pastos, conlleva otra novedad que es la restauración del medio degradado por la siembra continuada de cereales. Las técnicas de cultivo de los forrajes descritas que no utilizan o utilizan muy poco, aperos de labranza, abonos y herbicidas, van a contribuir sin duda a la restauración del medio, conteniendo o reduciendo la desaparición del suelo, e incorporando a la tierra materia orgánica y nitrógeno atmosférico a través de las leguminosas. Por otra parte, la presencia permanente en el campo del ganado permite reciclar la mayor parte de la biomasa consumida y activar la acción de los microorganismos del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDUEZA D. (2000) *Producción de materia seca y valor nutritivo de los cereales de invierno en zonas áridas*. Lleida, España: Universitat de Lleida.
- ANDUEZA D., ALBIOL A., FORTEA M., DELGADO I. Y MUÑOZ F. (1997) Rendimiento forrajero de los cereales de invierno en varios estados vegetativos en regiones semiáridas. Resultados preliminares. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 359-365. Sevilla-Huelva, España: Junta de Andalucía.
- ANDUEZA D., MUÑOZ F., MAISTERRA A. Y DELGADO I. (2001) Forage yield and crude protein content of lucerne cultivars established in the Ebro Middle Valley. Preliminar results. *Options Méditerranéennes. Serie A*, **45**, 73-76.
- ANSON S., DELGADO I. Y MUÑOZ F. (1997) Evaluación de la productividad de *Lolium rigidum* Gaud. *Pastos*, **XXVII(2)**, 165-176.
- ARNAL P. (2006) Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre: Résumé des résultats et analyse économique. *Options Méditerranéennes. Serie A*, **69**, 79-85.
- BROOKES B., SMALL E., LEFKOVITCH L.P., DAMMAN H. Y FAIREY D.T. (1994) Attractiveness of alfalfa (*Medicago-sativa* L.) to wild pollinators in relation to wildflowers. *Canadian Journal of Plant Science*, **74**, 779-783.
- BUENDÍA-LÁZARO F. Y GARCÍA-SALMERÓN S. (1965) Género *Onobrychis*. En: *Estudio botánico, ecológico y pascícola de las principales especies espontáneas de los pastizales de montaña de nuestras regiones semiáridas. II. Monografías*. Madrid, España: M° de Agricultura.
- CABALLERO R. (2001) Typology of cereal-sheep farming Systems in Castile-La Mancha (south-central Spain). *Agricultural Systems*, **68**, 215-232.
- CORREAL E. Y SOTOMAYOR J.A. (1998) Sistemas de ovino-cereal y su repercusión en el medio natural. *Pastos*, **28(2)**, 137-180.
- DE CASTRO N.E.A., SIVA M.L.N., DE FREITAS D.A.F., DE CARVALHO G.J., MARQUES R.M. Y NETO G.F.G. (2011) Cover plants in water erosion control under natural rainfall. *Bioscience Journal*, **27**, 775-785.
- DE JAIME CH. (2011) *Interés ambiental del cultivo de pipirigallo* (*Onobrychis viciifolia*): una investigación en el aula. Zaragoza, España: Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (CPNA).
- DELGADO I. (1984) Productividad de las principales especies forrajeras plurianuales en los secanos semiáridos (450-600 mm de pluviometría anual) de Aragón. *Pastos*, **XIV(1)**, 47-65.
- DELGADO I. (1988) Evaluación productiva de diferentes tipos de alfalfa en secano. En: *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 297-304. Soria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DELGADO I. (1992a) La utilización de leguminosas anuales de autorresiembr en Aragón. En: *Actas de la XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp.114-117. Pamplona, España: Gobierno de Navarra.
- DELGADO I. (1992b) Nota técnica sobre la introducción de arbustos forrajeros en el secano aragonés. *ITEA*, **88A**, **2**, 129-132.
- DELGADO I. (1995) Evaluación de diferentes tipos de alfalfa en secano. *ITEA*, **91V(2)**, 120-128.
- DELGADO I. (1997) Evaluación de medicagos anuales y de su asociación con *Lolium rigidum* Gaud. En: *Actas de la XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 205-213. Sevilla-Huelva, España: Junta de Andalucía.
- DELGADO I. (2000) *Base forrajera para el establecimiento de ganaderías de ovino en el secano cerealista*. Zaragoza, España: Institución “Fernando el Católico”, Diputación Provincial de Zaragoza.
- DELGADO I. (2007) La mielga (*Medicago sativa* L.): origen, caracterización y valor agronómico. *Pastos*, **XXXV(2)**, 5-25.
- DELGADO I. Y GOMEZ G. (1982) *Posibilidades de producción de forraje invernal en secanos semiáridos*. *Información*, 1/1982. Zaragoza, España: Diputación General de Aragón.
- DELGADO I., VALDERRABANO J. Y GOMEZ G. (1984) Interés forrajero de los cereales de invierno. Efecto de un despunte sobre la producción de grano. *Anales INIA, Serie Agrícola*, **25**, 115-128.
- DELGADO I. Y JOY M. (1987) Forage production in arid cereal growing areas. En: *Additional to the Bulletin n° 5. FAO European Cooperative Network on Pasture and Fodder Crop Production*, pp. 133-136. Montpellier, Francia: FAO.
- DELGADO I. Y HYCKA M. (1991) Características principales de las mielgas frente a los ecotipos cultivados de alfalfa. En: *Actas de la XXXI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 37-40. Murcia, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DELGADO I., MUÑOZ F., LUNA L., PARDO J. Y LAZREG O. (1996) Aptitud forrajera de las poblaciones autóctonas de *Atriplex halimus* L. de Aragón. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*, **11(1)**, 5-18.
- DELGADO I. Y ANDRES C. (1996) Evaluación de la aptitud forrajera de *Lolium rigidum* Gaud. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 183-187. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DELGADO I., ANDUEZA D. Y MUÑOZ F. (1998) Utilización de la planta entera de cereal como reserva de pasto *in situ* para la época estival. En: *Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 145-148. Soria, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- DELGADO I., CARDESA C., ALBIOL A. Y TANCO I. (2000) Producción de forraje y grano de la veza común en diferentes condiciones agroclimáticas de Aragón. En: *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp. 325-330. Bragança, Portugal- A Coruña y Lugo, España: Xunta de Galicia.
- DELGADO I., ANDUEZA D., MUÑOZ F. Y LAHOZ F. (2004) Forage system to replace marginal rainfed cereal areas by sheep production. An experimental study. *Options Méditerranéennes. Serie A*, **60**, 263-266.
- DELGADO I., ANDRÉS C. Y MUÑOZ F. (2008) Effect of the environmental conditions on different morphological and agronomical characteristics of sainfoin. *Options Méditerranéennes. Serie A*, **79**, 199-202.
- DELGADO I., MUÑOZ F. Y DEMDOUM S. (2010) Caracterización y valor nutritivo de diferentes estados fenológicos de la esparceta. *Pastos*, **XL(1)**, 31-45.
- FANLO R., CHOCARRO C., LLOVERAS J., FERRAN X., SERRA J., SALVIA J., MUÑOZ F., ANDUEZA J. Y DELGADO I. (2006) Alfalfa production and quality in Northeast Spain. *Grassland Science in Europe*, **11**, 261-263.
- FAO (2011) www.fao.org/ag/ca/es.
- FERRER C. Y BROCA A. (1999) El binomio agricultura-ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a “desierto verde”. En: *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 310-334. Almería, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- HIDALGO F. (1973) La alfalfa, un cultivo para el secano. *Anales INIA. Serie Producción Vegetal*, **3**, 145-239.
- HYCKA M. (1974) Praderas artificiales en los secanos de condición extrema. *Anales de Aula Dei*, **12**, 208-233.
- HYCKA M. (1983) Variedades de alfalfa. *Anales de Aula Dei*, **16**, 318-328.
- HYCKA M. (1992) *Praderas artificiales, alternativa para el secano aragonés*. Zaragoza, España: Institución Fernando el Católico.
- HYCKA M. Y BENÍTEZ-SIDÓN J.M. (1979) Estudio de seis mezclas pratenses en el secano aragonés. *Anales de Aula Dei*, **14**, 395-416.

JOY M. Y DELGADO I. (1989) Posibilidades forrajeras de los cereales de invierno en un secano árido. *ITEA*, **82**, 13-21.

KALLENBACH R., MATCHES A. Y MAHAN J. (1996) Sainfoin regrowth declines as metabolic rate increases with temperature. *Crop Science*, **36**, 91-97.

KOTSCHI J. Y MÜLLER-SÄMAN K. (2004) *The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – A Scoping Study*. Bonn, Alemania: International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

MANGADO J.M. Y EGUINO A. P. (2003) Asociaciones forrajeras cereal-leguminosa en cultivo ecológico en la Navarra húmeda. En: Robles A. B. *et al.* (Eds) *Pastos, desarrollo y conservación*, pp. 93-98. Granada, España: Junta de Andalucía.

MARM (1979-2010) *Anuario de estadística agraria*. <http://www.marm.es/es/estadistica/>

MARM (2001-2010) *Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón*. <http://www.aragon.es/portal/site/GobiernoAragon/menuitem.477320abc768cdc3871e10d354a051ca/>

MONSERRAT P. (1956) *Los pastizales aragoneses. Avance sobre los pastos aragoneses y su mejora*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura.

MONSERRAT P. (1974) Aprovechamiento óptimo de pastizales en secano. En: *Memoria del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura*, pp. 35-59. Murcia, España: CSIC.

OLMOS G. (2006) *Valoración de la cebada en diferentes estados fenológicos como recurso forrajero para el ganado ovino en pastoreo en zonas áridas*. Tesis doctoral, 276 pp. Facultad de Veterinaria, Zaragoza, España.

ORÚS F. (1975) *Resumen de resultados. Campos de ensayo de praderas en secano. Comarca del Alto Jiloca. Información Técnica nº 6*. Zaragoza, España: Ed. Centro Regional del Servicio de Extensión Agraria.

OUVRY J.F., LE BISSONNAIS Y., MARTIN P., BRICARD O. Y SOUCHERE V. (2010) Grass covers as tools for reduction of soil losses by water erosion (a synthesis of knowledge and information gained in Upper Normandy). *Fourrages*, **202**, 103-110.

PROSPERI J.M., DELGADO I. Y ANGEVAIN M. (1989) Prospection du genre *Medicago* en Espagne et au Portugal. *FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter*, **78/79**, 5-9.

SAYÉS J.J. (2006) Agricultura y ganadería compatibles en los secanos semiáridos.1. *Navarra Agraria*, **154**, 49-64.

SEMPLE A.T. (1974) *Avances en pasturas conservadas y naturales*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Hemisferio Sur.

SIRAMI C., BROTONS L., BURFIELD I., FONDERFLICK J. Y MARTIN J.L. (2008) Is land abandonment having an impact on biodiversity? A meta-analytical approach to bird distribution changes in the north-western Mediterranean. *Biological Conservation*, **141**, 450-459.

VALIENTE O.L. (2003) *Valoración de la cebada en pie y de su rastrojera como dietas de verano para el ganado ovino en pastoreo*, 296 pp. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España.

WOLFF A., PAUL J.P., MARTIN J.L. Y BRETAGNOLLE V. (2001) The benefits of extensive agriculture to birds: the case of the little bustard. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 963-975.

ZUAZO V.H.D. Y PLEGUEZUELO C.R.R. (2008) Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, **28**, 65-86.

Evaluación del estado de nutrición nitrogenada de cultivos forrajeros de invierno en la cornisa cantábrica

Evaluation of the nitrogen nutrition state of winter forage crops in the north of Spain

J. BUSQUÉ MARCOS / A.L. GONZÁLEZ HOYOS

Centro de Investigación y Formación Agrarias. Gobierno de Cantabria. c/ Héroes del 2 de Mayo, 27. E-39600 Muriedas
juanbusque@cifacantabria.org

Resumen: La gestión de la fertilización nitrogenada es clave en la productividad forrajera en la cornisa cantábrica, donde el purín es el fertilizante más utilizado en las explotaciones ganaderas. La mayoría de las recomendaciones de fertilización continúan basándose en análisis edáficos o estimaciones de extracción del cultivo que no reflejan la disponibilidad real de nutrientes para las plantas. El objetivo de nuestro trabajo es evaluar en una ganadería de leche dos técnicas de medición del estado nutricional de nitrógeno de cultivos forrajeros invernales mediante análisis de material vegetal. La primera técnica, más laboriosa y considerada de referencia, consistió en el cálculo directo del Índice de Nutrición Nitrogenada (INN). La segunda técnica, de más fácil determinación, consistió en el cálculo de la concentración de nitrógeno en las hojas más altas de la gramínea dominante (Nup), analizando posteriormente su relación con el INN. Los resultados obtenidos indicaron respuestas diferentes en el INN de los cultivos a la aplicación inicial de purín (baja), a la aplicación posterior de fertilizante químico (positiva) y a la participación de leguminosas en el cultivo (positiva). Asimismo se comprobó la existencia de una relación estrecha entre el INN y el Nup, lo que resulta prometedor para la aplicación futura de esta técnica en las explotaciones.

Palabras clave: índice de nutrición nitrogenada, nitrógeno crítico, purín, leguminosas.

Abstract: Nitrogen fertilisation, especially from slurry in dairy farms, is a key factor in forage productivity in northern Spain. Most technical advisory on fertilisation is still done based on soil analyses or estimations of crop extractions, which do not reflect the real availability of nutrients to plants. The aim of our work has been to evaluate under field conditions the usefulness of two analytical techniques to measure the nutritional state of forage crops based on plant material. The first technique, more laborious and considered as reference, consisted on the calculation of the Nitrogen Nutrition Index (NNI). The second technique, easier in its determination, calculated the nitrogen concentration in the upper leaves of the dominant grass species (Nup), analysing afterwards its relation with NNI. The results obtained indicated contrasted responses of the NNI of the crops: low to the initial slurry application, and positive to the posterior application of a chemical fertilizer and to the participation of legumes in the crop. Finally, a narrow relationship was found between NNI and Nup, which is promising for the future application of this technique at the farm level.

Key-words: nitrogen nutrition index, critical nitrogen, slurry, legumes.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones de vacuno de leche de la cornisa cantábrica necesitan producir forrajes propios de forma barata y no contaminante para alcanzar su sostenibilidad. Las condiciones climáticas de esta región son muy adecuadas para desarrollar rotaciones de maíz forrajero en verano y gramíneas o mezclas de gramíneas y leguminosas seleccionadas en invierno. La fertilización nitrogenada de estos cultivos es clave para alcanzar buenos rendimientos, pero dosis excesivas o mal distribuidas pueden dar lugar a problemas de contaminación atmosférica y de acuíferos subterráneos (Salcedo, 2010). El purín producido en la propia explotación es la fuente principal de fertilización en las explotaciones de leche del norte de España, complementándose puntualmente con